

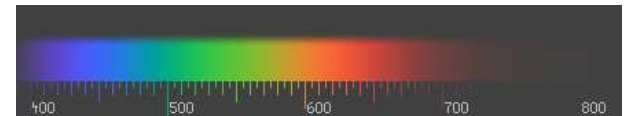
# Računarska grafika

Boja



# Fenomen boje

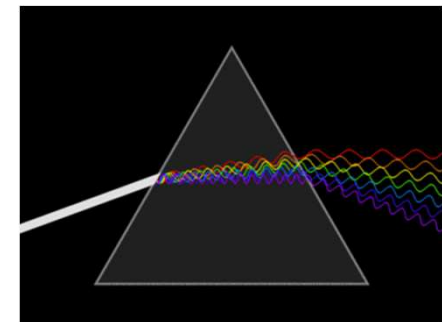
- Boja je određena talasnom dužinom svetla
  - koje se emituje iz nekog svetlosnog izvora, ili
  - koje se reflektuje od neke površine
- Sunce (ili sijalica) emituju belo svetlo
  - sadrži zračenje različitih talasnih dužina (deo vidljivog i nevidljivog spektra)
- Prelamanjem kroz prizmu od bele svetlosti se dobija spektar
  - zbog razlike u uglu prelamanja za pojedine talasne dužine svetla



<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Spectrum441pxWithnm.png>



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PrismAndLight\\_gespiegelt.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PrismAndLight_gespiegelt.jpg)



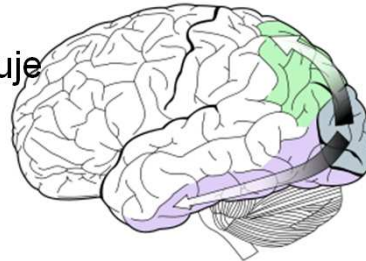
[https://en.wikipedia.org/wiki/Light#/media/File:Light\\_dispersion\\_conceptual\\_waves350px.gif](https://en.wikipedia.org/wiki/Light#/media/File:Light_dispersion_conceptual_waves350px.gif)

# Boje duginog spektra

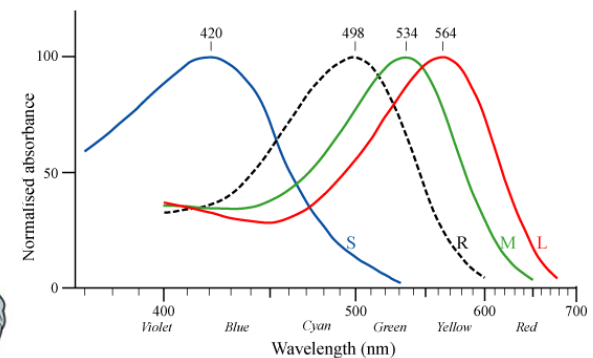
boja	talasna dužina	frekvencije
crvena	~ 625–740 nm	~ 480–405 THz
narandžasta	~ 590–625 nm	~ 510–480 THz
žuta	~ 565–590 nm	~ 530–510 THz
zelena	~ 500–565 nm	~ 600–530 THz
tirkiz	~ 485–500 nm	~ 620–600 THz
plava	~ 450–485 nm	~ 670–620 THz
ljubičasta	~ 380–450 nm	~ 790–670 THz

# Opažanje boje

- Informacija o boji - preko nervnih receptora u mrežnjači oka – čepića (*cone*)
  - čepići: SW (plavo), MW (zeleno) LW (crveno)
  - fotosenzitivni pigmenti rodopsin i fotopsin
- Čulo vida – raspoznavanje vizuelnih info:
  - primarni centar vida – plavo
    - prima informaciju i prosleđuje
  - dorsalni tok – zeleno
    - raspoznavanje objekata
  - ventralni tok – ljubičasto
    - raspoznavanje boja



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ventral-dorsal\\_streams.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ventral-dorsal_streams.svg)

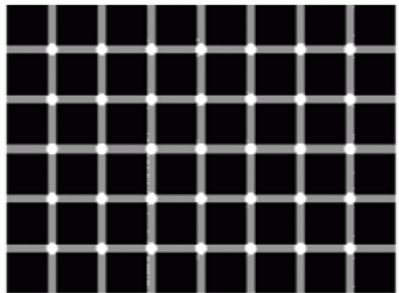


<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cone-response.png>

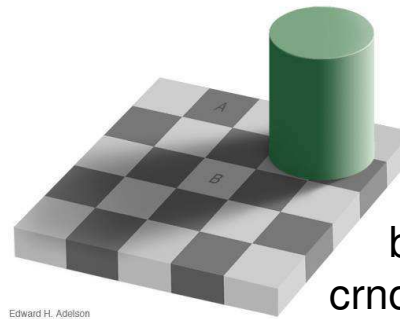
- Čovek – trihromat, raspoznaje 3 boje: crvenu, zelenu, plavu i kombinacije
- Većina životinja – dihromati, neke životinje su čak tetrahromati
- Daltonizam – slepilo za boje, ne raspoznaju se boje, ili samo neke od njih

# Optičke varke

- Čovekova percepcija boje i oblika kombinuje iskustvene efekte





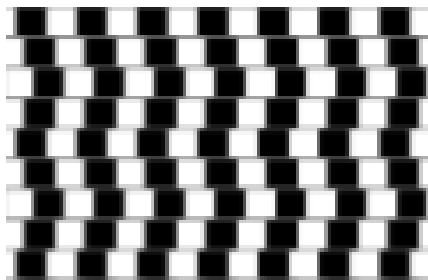
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grid\\_illusion.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grid_illusion.svg)



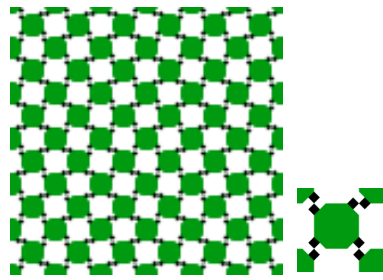
Edward H. Adelson

Edward H. Adelson.  
<http://persci.mit.edu/gallery/checkershadow>

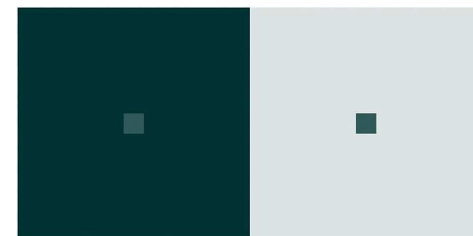
belo polje u senci:   
crno polje van senke: 



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Caf%C3%A9\\_wall.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Caf%C3%A9_wall.svg)



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Optical-illusion-checkerboard-twisted-cord.svg>



Created by Gil Dekel. Published in <http://www.poeticmind.co.uk/research/organising-information-colours-design-tips>

Boja

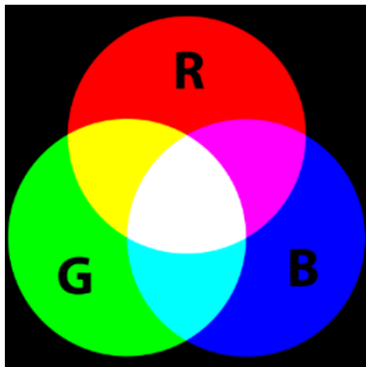
16.05.2017.

# Modeli boja

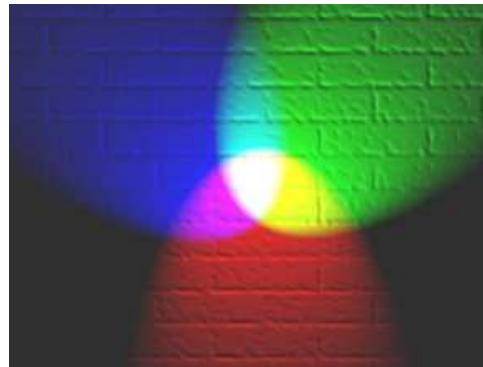
- RGB (Red-Green-Blue) – izvor svetla
- CMYK (Cyan-Magenta-Yellow+black) – reflektovano svetlo
- HSV/HSB (Hue-Saturation-Value/Brightness)
- HSL/HLS/HSI (Hue-Saturation-Lightness/Luminance/Intensity)
- Modeli boja u TV standardima
  - YIQ (NTSC – Severna Amerika, Japan)
  - YUV (PAL – Australija, Evropa bez Francuske)
  - YDbDr (SECAM – Francuska)
- YPbPr (skalirana verzija YUV)
- YCbCr (digitalna verzija YPbPr, koristi se u MPEG i JPEG std.)
- xvYCC (internacionalni video kolor std. IEC)

# RGB model (1)

- RGB (*Red-Green-Blue*) - crvena, zelena i plava boja
  - R, G i B boje - emitovana svetla iz svetlosnog izvora
  - aditivni model – primarne R, G i B boje se mešaju dodavanjem na crnu (0,0,0)
  - nepostojanje ni jednog svetla – crno, max jačina sva tri svetla – belo



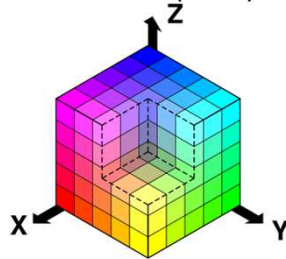
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AdditiveColor.svg>



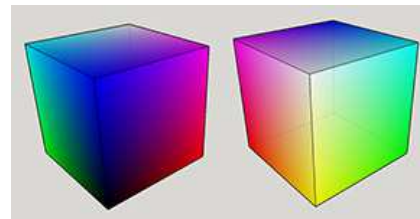
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RGB\\_illumination.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RGB_illumination.jpg)

# RGB model (2)

- Boja se ekartov pravougli sistem
- Svaka od komponenata boje se menja od 0 do 1 po jednoj osi:
  - crvena (red):  $R \rightarrow X$ , zelena (green):  $G \rightarrow Y$ , plava (blue):  $B \rightarrow Z$



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RGBCube\\_b.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RGBCube_b.svg)



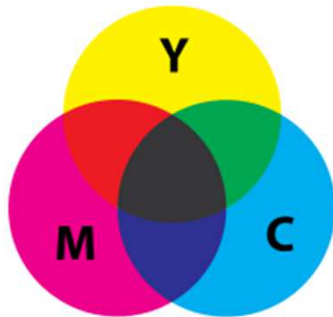
<http://stackoverflow.com/questions/39118528/rgb-to-hsl-conversion>

- Na temenima kocke koja leže u koordinatnim ravnima:
  - tirkiz (cyan):  $C \rightarrow YoZ$ , ciklama (magenta):  $M \rightarrow XoZ$ , žuta (yellow):  $Y \rightarrow XoY$
- Na dijagonali kocke  $(0,0,0)$ - $(1,1,1)$ 
  - skala sivog, od crne  $(0,0,0)$  do bele  $(1,1,1)$



# CMY(K) model

- CMY (*Cyan-Magenta-Yellow*) – tirkiz, ciklama, žuta
  - C, M i Y boje – pigmenti na beloј podlozi
  - pigmenti apsorbujū određene talasne dužine belog svetla
  - subtraktivni model – primarne C, M i Y boje se mešaju oduzimanjem (od bele)
  - nepostojanje ni jednog pigmenta – belo, postojanje sva tri pigmenta – sivo
  - mešanjem neidealnih pigmenata primarnih boja ne može da se dobije crna
    - crna se posebno dodaje za štampu - CMYK model (CMY + black)



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SubtractiveColor.svg>

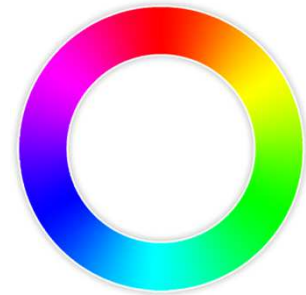
Boja	Apsorbujē	Reflektujē
C	R	G,B
M	G	R,B
Y	B	R,G
K	R,G,B	-

Boja

16.05.2017.

# Pojmovi – atributi boje (1)

- *Hue* (H) – ton
  - atribut vizuelnog osećaja po kojem je neka oblast slična nekoj od 6 osnovnih boja (crvenoj, žutoj, zelenoj, tirkiznoj, plavoj, ciklama-ljubičastoj) ili nekoj boji na prelazu dve susedne
  - ton je određen talasnom dužinom svetla, odnosno superpozicijom osnovnih komponenti svetla različitih talasnih dužina, različitog intenziteta



<http://www.colorsontheweb.com/Color-Theory/The-Color-Wheel>

- *Saturation* (S) – zasićenost
  - atribut vizuelnog osećaja čistoće boje (zasićena=čista, živahna)
  - subjektivan osećaj prisustva pigmenta boje



Boja

# Pojmovi – atributi boje (2)

- *Value/Brightness (V/B)* – vrednost/sjaj
  - atribut vizuelnog osećaja po kojem neka oblast izgleda da emituje više ili manje svetlosti
  - subjektivan osećaj jačine osvetljaja



- *Lightness/Luminance/Luminosity/Intensity (L/I)* – osvetljenost/intenzitet
  - kao vrednost/sjaj, samo je raspon od crne (neosvetljeno) do bele (preosvetljeno)
  - na sredini skale je boja sa maksimalnim zasićenjem i sjajem (S, V/B=100%)

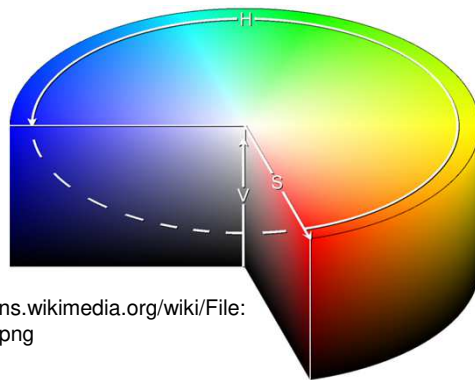


- *Saturation (S)* – zasićenost boje

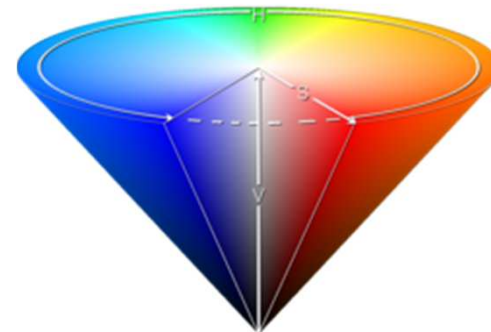


# HSV model (1)

- HSV/HSB (*Hue-Saturation-Value/Brightness*)
  - H-ton (0-360°), S-zasićenje (0-100%), V-vrednost/B-sjaj (0-100%)
  - S: 0% - nema boje (skala sivog, u zavisnosti od sjaja), 100% - zasićena boja
  - V/B: 0% - crno, 100% - skala od belog do čiste boje, u zavisnosti od zasićenja
  - Alvy Ray Smith, 1978.g.



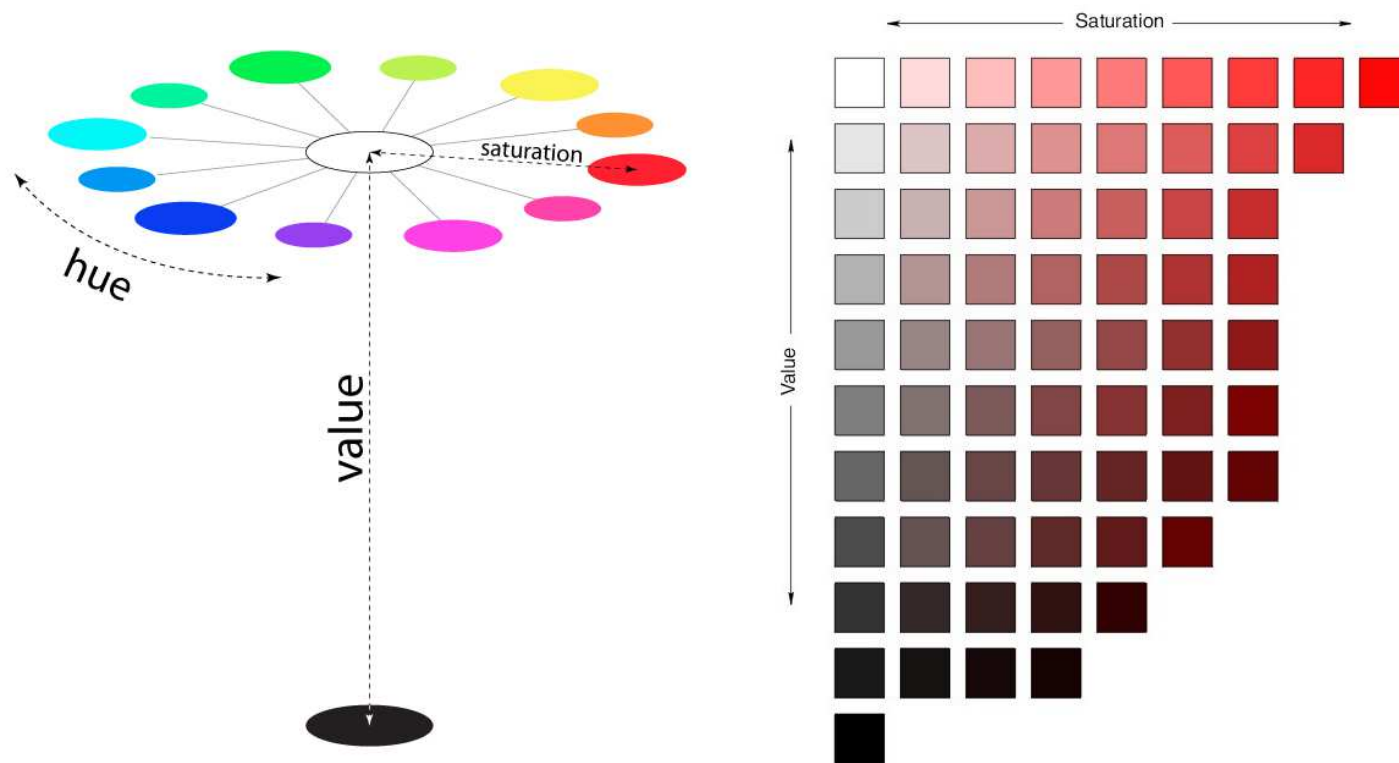
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HSV\\_cylinder.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HSV_cylinder.png)



[https://en.wikipedia.org/wiki/File:HSV\\_cone.png](https://en.wikipedia.org/wiki/File:HSV_cone.png)

- Koverzije RGB $\Leftrightarrow$ HSV:
  - [http://en.wikipedia.org/wiki/HSV\\_color\\_space#Transformation\\_between\\_HSV\\_and\\_RGB](http://en.wikipedia.org/wiki/HSV_color_space#Transformation_between_HSV_and_RGB)

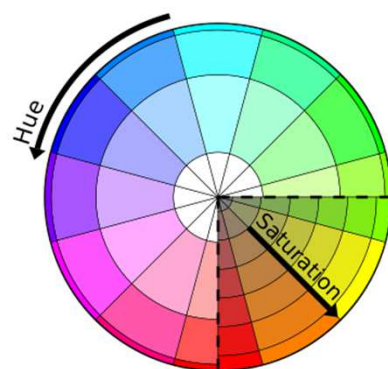
# HSV model (2)



Preuzeto sa: <http://learn.leighcotnoir.com/artspeak/elements-color/hue-value-saturation/>

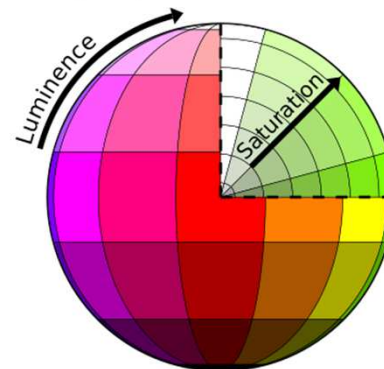
# HSL model

- HSL/HLS/HSI (*Hue-Saturation-Lightness/Luminance/Luminosity/Intensity*)
  - H-ton, S-zasićenje, L/I –osvetljenost/intenzitet
    - L/I: sjaj oblasti sudeći relativno prema sjaju slično osvetljene bele oblasti
  - vertikalna osa: skala sivog od crne do bele
  - kontroverza: bela ispada potpuno zasićena boja?

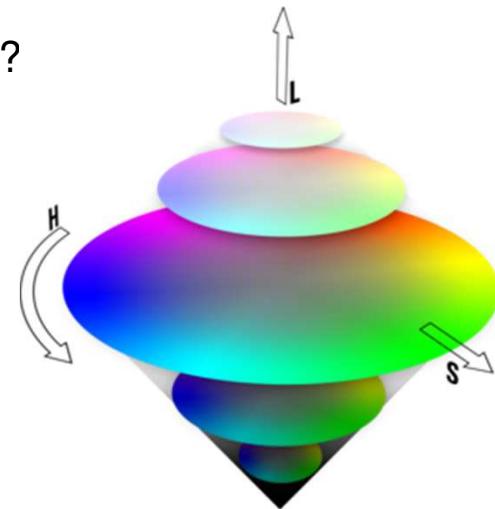


Top View

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HSLSphere.svg>



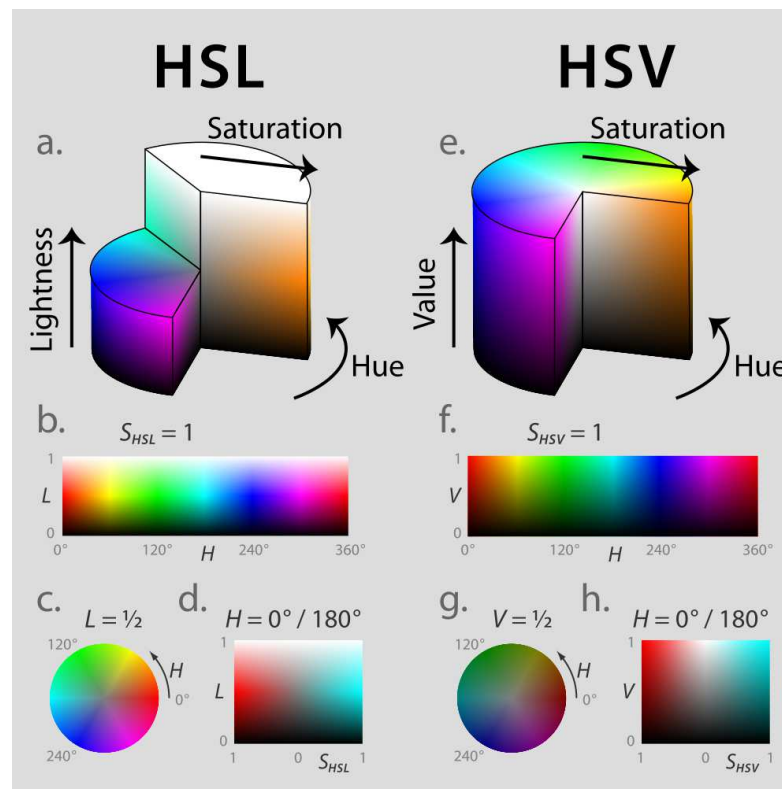
Front View



[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Color\\_cones.png](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Color_cones.png)

- Koverzije RGB $\Leftrightarrow$ HSL:
  - [http://en.wikipedia.org/wiki/HSL\\_color\\_space#Converting\\_from\\_RGB](http://en.wikipedia.org/wiki/HSL_color_space#Converting_from_RGB)

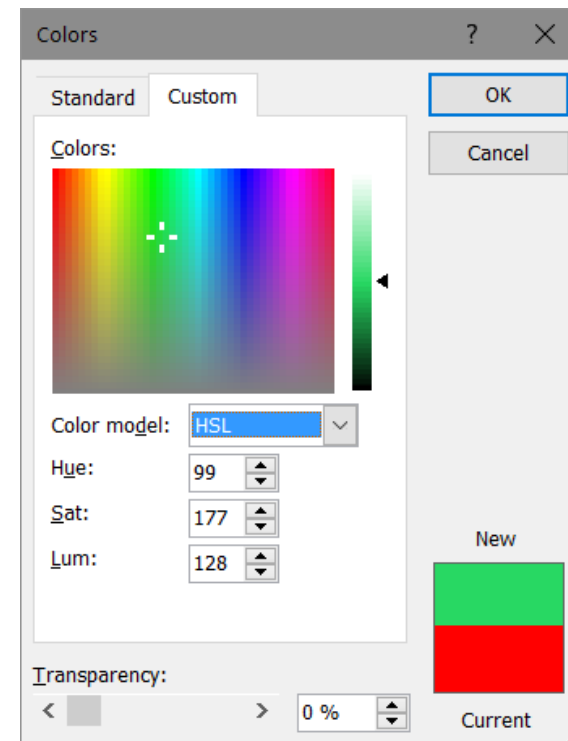
# Poređenje HSL i HSV



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hsl-hsv\\_models.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hsl-hsv_models.svg)

# Izbor boje u aplikacijama

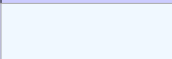









- Dijalog u Power Point
  - Custom tab
    - izbor: RGB ili HSL model
  - HSL model:
    - u Colors pravougaoniku se bira H-S
    - vertikalnim klizačem se bira L





# Lista boja

- [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_colors](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_colors)

Name	Sample	Hex triplet	RGB			HSV		
Alice blue		#F0F8FF	240	248	255	208°	6%	100%
Alizarin Crimson		#E32636	227	38	54	355°	83%	89%
Amaranth		#E52B50	229	43	80	345°	78%	64%
Amber		#FFBF00	255	191	0	45°	100%	100%
Amethyst		#9966CC	153	102	204	270°	50%	80%
Apricot		#FBCEB1	251	206	177	30°	25%	87%
Aqua		#00FFFF	0	255	255	180°	100%	100%
Aquamarine		#7FFFD4	127	255	212	160°	50%	100%
Asparagus		#7BA05B	123	160	91	92°	43%	63%
Azure		#007FFF	0	127	255	210°	100%	100%